

## 三軸試験機を用いた小型コーン貫入試験法の開発と液状化強度との関係

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治

学生員 村端敬太、伏木田 達朗、伊藤 菜穂子

## 1. はじめに

コーン貫入試験(CPT)から液状化強度を予測する方法は、標準貫入試験の N 値に比べデータが少ないことから、研究文献は多くない。近年、コーン貫入抵抗と一部の物理試験結果から液状化強度を予測する方法や、土槽を用いたのコーン貫入試験と室内液状化試験を組み合わせた予測方法、またコーン貫入抵抗値を N 値に変換し、N 値と液状化強度の関係から強度予測する方法が研究されてきた。さらに原位置凍結サンプリングによる不攪乱試料の液状化強度とコーン貫入試験結果の関係を直接的に求める研究<sup>(2)</sup>が行われ、コーン貫入試験結果から液状化強度を予測する方法は、N 値から推定する方法とほぼ同程度のレベルにまで至っている。

そこで本研究ではコーン貫入試験を三軸供試体の中で簡便に行えるよう三軸試験機を改良し、それにより試験中に先端抵抗値と間隙水圧の変化を測定できるように工夫した。この試験機を用いて、今回コーン貫入抵抗値と液状化強度の関係について検討を行った。

## 2. 試験装置

図-1 は試験に用いた中型三軸試験装置であり、試験を行う際は、下のペDESTALを図-2 に示す新たに開発した貫入ロッド付きのものに替える。コーンの寸法は高さ 11.2mm、内径 6.0mm となっており、地盤工学会基準の断面積 10cm<sup>2</sup>のコーンと比較すると、断面積は 1/35 のサイズとなっている。先端角は一般的に 60°であるのに対し、30°のものを用いた。先端抵抗を計測するひずみゲージは図-1 に示すように先端からやや離れた位置の表面に貼ってあり、エポキシ樹脂で表面をコーティングしてある。コーン貫入時には、あらかじめペDESTAL内に注入してある水を排水することで、貫入ロッドが供試体内に貫入されるシステムとなっている。

## 3. 試験方法

試験には豊浦標準砂を用い、高さ 195mm、直径 100mm の供試体をして、ウェットタンピング法で作製し、有効拘束圧 98kPa、背圧 196kPa で等方圧密し、非排水条件で貫入速度 0.1cm/sec で貫入量 2.5cm まで貫入試験を行った。また貫入試験後に再圧密し、液状化試験を行った。試験では非排水条件、載荷周波数 0.1Hz、応力制御にて両振幅ひずみが 5%発生するまで繰り返し載荷を加えた。また、B 値が 95%以上のものを試験対象とした。

## 4. 試験結果

今回、コーン貫入試験後に液状化試験を行なう必要性から、供試体中の貫入ロッドの存在が液状化強度に影響を与えている可能性が考えられるため、まず貫入ロッドの有無による液状化強度の違いを比較した。その結果を図-3 に示す。相対密度は 38~49%の範囲にばらついているが、それでも両者の液状化強度曲線(両振幅ひずみ 5%に対応)はほぼ近似していることがわかる。このことから貫入ロッドの存在が液状化強度に与える影響は小さいと言える。つまりコーン貫入後の液状化試験が可能であることがわかる。図-4 は貫入試験時の変位と先端抵抗のグ

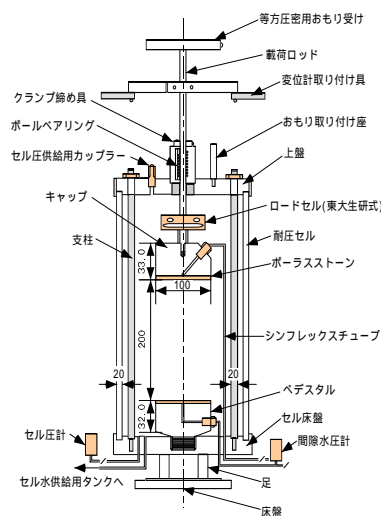


図-1 試験に用いた中型三軸試験機

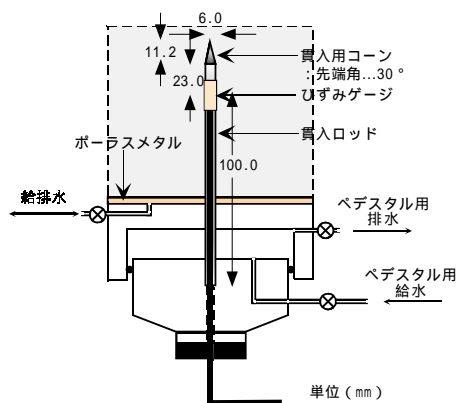


図-2 コーン貫入試験用に開発したペDESTAL

ラフで、相対密度の上昇で先端抵抗も上昇していることがわかる。先端抵抗値は変位 1.1cm 付近でピーク値となり、いったん下降するが、変位 1.5cm 付近から再び上昇している。このように先端抵抗値がほぼ一定値とならないのは貫入時に不連続的にコーン先端付近の砂が破壊しているためと考えられる。またひずみゲージの位置関係で先端抵抗のみではなく、周面抵抗も計測している可能性も考えられることから、今後の検討が必要である。

図-5 はコーン貫入時の変位と過剰間隙水圧のグラフでコーンの貫入に伴い、緩い砂では貫入後に負のダイレイタンスにより正の過剰間隙水圧が発生しているのに対し、密な砂では正のダイレイタンスにより負の過剰間隙水圧が発生していることがわかる。

図-6 はコーン先端抵抗と液状化抵抗値の関係グラフで、ここに示した先端抵抗値は図-4 における最初のピーク点とその次の変極点の平均値である。これらの点は過剰間隙水圧のグラフが折れ曲がる点とほぼ対応している。ノイズのような細かな増減について特に計算処理は行っていないが、円滑化して考えた。また液状化抵抗値は図-3 に示したプロット点から図中の強度曲線に平行にカーブを描き、繰り返し回数 20 回に対応した応力比から算定した。鈴木らの式<sup>(2)</sup>と比べ今回は緩やかな曲線が得られたが、コーンのサイズの大幅な違いにもかかわらず、先端抵抗に対する液状化抵抗の平均的値に大きな差異は見られない。つまり今回開発した三軸試験機を用いたコーン貫入試験により実際の CPT に近い液状化強度との関係が得られ、この試験法に有効性があることが明らかになった。有効性があると考えられる。

## 5. まとめ

- ・貫入ロッドの存在が液状化強度に及ぼす影響は小さいことから、三軸試験機を用いたコーン貫入試験後の液状化試験に妥当性があると考えられる。
- ・コーン貫入時に先端抵抗は、ある貫入量まではほぼ単調増加するが、その後、一定値には収束せず増減を繰り返す。間隙水圧もそれに応じて変動する。
- ・先端抵抗値が定常的に増加しないのは、試料が不連続的に破壊しているためであると考えられる。またどの点をもって先端抵抗と言えるのか今後検討が必要である。
- ・データのばらつきは大きい相対密度の増加により先端抵抗値が増加し、液状化抵抗値も増加する傾向が得られ、その関係は原地盤でのコーン貫入試験による結果とも近いことがわかった。

【参考文献】1) 社団法人 地盤工学会：第7章電気式静的コーン貫入試験，地盤調査法，第6編サウンディング，pp.223-241，平成9年8月8日第5刷。2) Y. Suzuki, K. Tokimatsu, Y. Taya, Y. Kubota: Correlation between CPT Data and Dynamic Properties of In Situ Frozen Samples., Proceedings of Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, April 2-7, 1995, Volume , St. Louis, Missouri., pp249-252. 3) 社団法人 地盤工学会：第2編礫を含む粗砂および細粒分を含む砂の液状化特性，液状化メカニズム・予測法と設計法に関するシンポジウム発表論文集 pp.265-273，平成11年5月10日発行

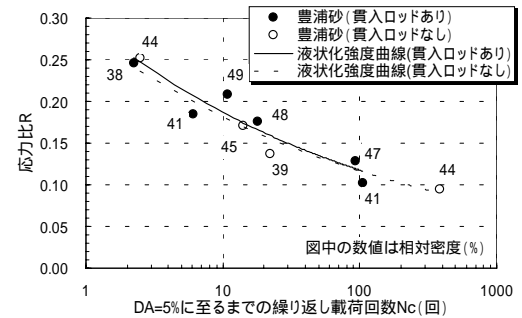


図-3 液状化までの繰り返し載荷回数と応力比の関係

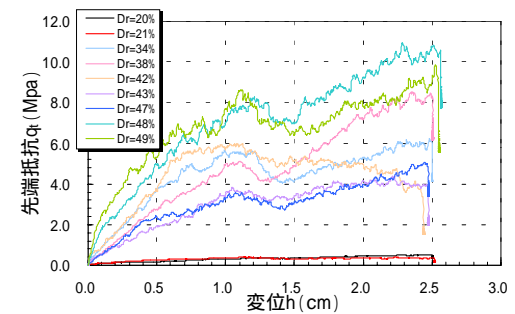


図-4 コーン貫入時の先端抵抗と変位の関係

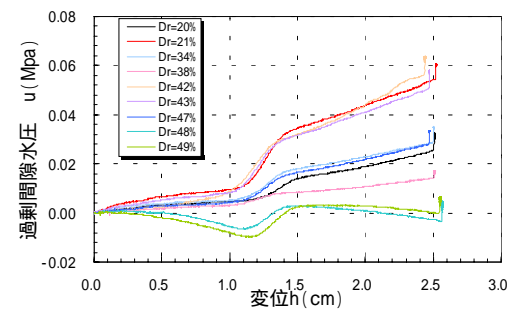


図-5 コーン貫入時の過剰間隙水圧と変位の関係

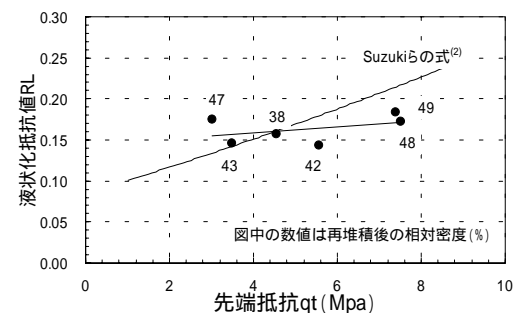


図-6 コーン先端抵抗と液状化抵抗値の関係